ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCV.

1898

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VII.

1° SEMESTRE

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1898

11. Nel caso di n dispari, dalle formule (5), (6), (17), si ricavano le altre:

$$(36)\quad \begin{cases} A(y) = -\theta^n \bar{A}(y) \\ \theta a_n = a_n\,, \quad \theta a_0 = a_0 \\ a_0 = -a_n \\ a_r = -\theta^r a_{n-r} \quad (r = 1\,, 2\,, \ldots n-1) \\ A(y) = G(y) - \theta^n \bar{G}(y)\,. \end{cases}$$

Da cui in particolare si deduce che *una forma lineare alle differenze di grado dispari equivalente alla sua aggiunta è identica al prodotto di questa per la operazione θ^n cambiato di segno, e che i coefficienti del primo e dell'ultimo termine sono invarianti per la operazione θ, e sono fra di loro eguali ma contrari di segno.*

12. Nel caso di n pari si hanno i due sistemi di formule:

$$(37)\quad \begin{cases} A(y) = \theta^n \bar{A}(y) & A(y) = -\theta^n \bar{A}(y) \\ \theta a_n = a_n\,, \quad \theta a_0 = a_0 & \theta a_n = -a_n \quad \theta a_0 = -a_0 \\ a_0 = a_n & a_0 = -a_n \\ a_r = \theta^r a_{n-r} \quad (r = 1\,, 2 \ldots n-1) & a_r = -\theta^r a_{n-r} \quad (r = 1\,, 2 \ldots n-1) \\ A(y) = G(y) + \theta^n \bar{G}(y) & A(y) = G(y) - \theta^n \bar{G}(y) \end{cases}$$

delle quali, se nella forma data si suppone costante il coefficiente dell'ultimo termine (d'ordinario si suppone $a_n = 1$), solo il sistema di sinistra dovrà ritenersi valido e si concluderà che: *Le forme di grado pari equivalenti alle loro aggiunte, sono direttamente eguali al prodotto di queste per la operazione θ^n ed in esse sono direttamente eguali fra di loro i coefficienti del primo e dell'ultimo termine.*

Fisica terrestre. — *Il terremoto dell'India del 12 giugno 1897 registrato in Europa.* Nota di G. Agamennone, presentata dal Socio Tacchini.

Circa $^1/_4$ d'ora dopo il mezzogiorno del 12 giugno, cominciarono ad essere perturbati gli strumenti di gran numero d'Osservatorî italiani, e la perturbazione raggiunse in breve proporzioni veramente straordinarie e non cessò che lungo tempo appresso. Perturbazioni analoghe avvennero nella maggior parte dei magnetografi ed in altri delicati strumenti disseminati qua e là in Europa.

Il fatto che il movimento passò inavvertito alle persone, ed il genere stesso della registrazione da parte degli strumenti stavano a provare che doveva trattarsi d'un terremoto disastroso avvenuto in lontane contrade. Il giorno

appresso, infatti, si seppe dai giornali politici che un violentissimo terremoto era stato sentito a Calcutta nel pomeriggio del 12 giugno. Notizie più particolareggiate si conobbero poco a poco più tardi dai giornali scientifici.

In attesa delle relazioni complete che certamente non mancheranno di essere pubblicate, di qui a qualche tempo, sopra questo avvenimento sismico di straordinaria importanza, e prima ch' io venga a discutere le osservazioni fatte in Europa, credo utile di premettere alcuni dati che potranno per il momento essere interessanti e che in buona parte sono tratti da uno studio preliminare del dott. Oldham (1).

Sembra che i danni siano limitati alla parte centrale ed occidentale dell'Assam ed a quasi tutto il Bengala propriamente detto, sopratutto al confine coll'Assam; vale a dire entro la vasta zona che dal versante meridionale dell' Imalaia si estende al sud fino al golfo del Bengala. Per quanto imperfette siano le attuali conoscenze circa le vere dimensioni e la forma dell'area macrosismica, non si può fare a meno di restare meravigliati dinanzi l'enorme estensione dell'area, entro cui il terremoto ha prodotto devastazioni più o meno considerevoli. Ed invero, si trova una distanza di circa 900 km. da Jorhat a Patna in direzione E-W e di circa 600 da Darjeeling a Balasor in direzione press' a poco trasversale. Sembra che la forza distruttiva abbia toccato il suo massimo a *Cherra Punji* (lat. 25° 20′ N, long. 91° 40′ E Green.), a *Teura* (25° 30′, 90° 10′) e *Shillong*. Però, le prime relazioni furono esagerate in ciò che si riferisce ai danni, i quali furono senza dubbio assai serî, ma non eccezionalmente grandi. Tutto ciò, congiunto al fatto dell'enorme estensione dell'area colpita, fa ragionevolmente supporre che il focolare sismico si trovi a grande profondità e, secondo il prof. Omori (2), a non meno d' una quarantina di chilometri.

In quanto alla causa del terremoto, il sig. La Touche (3) ha espresso l'opinione ch'essa debba ricercarsi nel movimento avvenuto lungo una faglia che passando pel versante meridionale dei monti Garo e Khasi va fino a Cachar all' E fino al di là del Brahmaputra. Il dott. Oldham crede ad una possibile connessione tra questo terremoto ed il sollevamento continuo dell' Imalaia. Infine, il prof. Omori ritiene che l'origine della commozione sismica debba ricercarsi nella subitanea frattura di strati causata da una iniezione di vapori o di gas entro le fessure esistenti nella crosta terrestre.

Se ciò fosse, l'epicentro dovrebbe essere ben altrimenti che un punto. Comunque sia, noi riterremo in una prima approssimazione che esso si trovi

(1) Giornale inglese *Nature*, vol. 56, n. 1446 (15 luglio 1897, pag. 252) e n. 1455 (16 settembre 1897, pag. 471). — Giornale francese *Cosmos*, anno 46°, n. 663 (9 ottobre 1897, pag. 451).

(2) *Nature*, vol. 57, n. 1464 (18 novembre 1897, pag. 59).

(3) *Nature*, vol. 56, n. 1447 (22 luglio, pag. 273) e n. 1454 (9 settembre 1897, pag. 444).

alla lat. di 25° N ed alla long. 91° E Green.; e per quanto questa posizione possa essere sbagliata, potrà tuttavia esserci di aiuto nel trarre in seguito alcune importanti deduzioni, tenuto conto dell'estensione straordinaria che ha avuta il terremoto. Le località più lontane finora conosciute, ove il movimento fu più o meno sentito, sono: *Akyab, Magwe* e pare anche *Pegu* in Birmania, rispettivamente a circa 600 e 1000 km. verso SSE; *Mogott* (Birmania) a 600 verso ESE; *Lahassa* a 500 verso N; *Dharmsala* a più di 1100 e *Simla, Panipat* e *Dehli* a circa 1600 verso NW; *Agra* e *Ajmere* rispettiv. a 1300 e 1600 verso WNW; *Mont Abu* e *Ahemedabad* a 1800 e 1900 verso W; *Ellichpore* e *Surat* rispettiv. a 1500 e 1900 verso WSW; *Masulipatam* e pare anche *Madras* rispettiv. a 1500 e 1800 km. verso SW. Stando a questi limiti, non si andrà molto lontani dal vero col ritenere che tutta l'area scossa sia racchiusa da un cerchio di ben 1200 km. di raggio, ciò che darebbe una superficie di circa 4 $^1/_2$ milioni di km. quadrati! Poichè il centro di questo cerchio cade a circa 700 km. SW dal presunto epicentro, ciò proverebbe che la propagazione s'è fatta maggiormente verso il SW.

Sembra che la durata della scossa sia stata di due minuti a Shillong, presso l'epicentro, e probabilmente non meno di sei minuti a Calcutta. Anche volendo accettare quest'ultimo valore, d'altronde assai elevato, esso non potrebbe mai render ragione dell'enorme durata della perturbazione registrata dagli strumenti in Europa, i quali sono rimasti agitati per più ore di seguito. È vero bensì che alla 1ª grande scossa tennero dietro da 300 a 400 repliche entro le prime 24 ore; ma tutte furono meno forti, e le più importanti tra esse, avvenute successivamente circa $2^h\ ^1/_2$, $4^h\ ^3/_4$, $5^h\ ^1/_2$, 10^h e $10^h\ ^3/_4$ dopo la 1ª, non è sicuro che siano riuscite a perturbare gli strumenti europei.

La perturbazione sismica che ha cominciato in Europa verso le $12^h\ 17^m$ (t. m. dell'Eur. Centr.) ha presentate diverse fasi, le quali si rintracciano, con variazioni più o meno grandi dovute alla diversità degli strumenti, nelle varie località. Così, alcuni rinforzi si notano intorno alle $12^h\ 22^m$, $12^h\ 27^m$, $12^h\ 31^m$. In questa prima parte della registrazione sembra che il periodo oscillatorio del suolo sia stato piuttosto lento, e d'appresso le indicazioni dei sismometrografi di Roma — muniti del registratore a doppia velocità, e dove la zona di carta si è svolta perciò rapidamente durante il fenomeno — sembra che da principio non sia stato neppure inferiore a $^1/_2$ secondo e poi sarebbe andato ancor crescendo. Ma verso le $12^h\ 40^m$, e forse anche prima, il carattere della registrazione cambia totalmente, poichè sottentrano ondulazioni ben più lente le quali raggiungono la massima ampiezza verso le $12^h\ 47^m\ ^1/_2$. Stando ai migliori dati, il periodo semplice d'oscillazione di siffatte ondulazioni s'aggira sui 10 secondi e la deviazione apparente della verticale sarebbe stata al loro passaggio di una dozzina di secondi d'arco. Dopo questa, altre fasi ben caratteristiche e comuni a molti Osservatorî non esistono, ed il movi-

mento dopo varie vicende si estingue più o meno tardi nei varî strumenti a seconda della loro sensibilità.

Secondo il sig. La Touche, le osservazioni più attendibili fatte a Calcutta dànno per il principio del fenomeno $16^h\ 58^m$ (t. m. l.) corrispondenti perciò a $12^h\ 4^m,6$ (t. m. E. C.). Da una comunicazione avuta dallo stesso dottore Oldham, l'ora sarebbe $11^h\ 7^m$ (t. m. Green.) cioè $12^h\ 7^m$ (t. m. E. C.). Infine, due orologi dell'osservatorio di Adipur s'arrestarono l'uno a $17^h\ 4^m\ 22^s$ e l'altro a $17^h\ 4^m\ 26^s$; ma non sapendosi in che tempo sono espresse queste ultime due ore nè la località a cui si riferiscono, non è prudente di prenderle in considerazione.

A Bombay il principio della perturbazione in quel magnetografo avvenne a $17^h\ 4\text{-}5^m$ (t. m. l.) ossia a $12^h\ 12^m,7\text{-}13^m,7$ (t. m. E. C.). Confrontando quest'ora con le due sopra riportate per Calcutta, e tenendo conto che questa città si trova a circa 400 km. dal presunto epicentro, mentre Bombay ne dista quasi 2000, si otterrebbe nel 1° caso una velocità media superficiale di 2,9-3,3 km. al secondo, e di 4-4,7 km. nel 2°. Il 1° di questi valori s'accorderebbe bene con quello di circa 3 km. che il dott. Oldham ha calcolato in via provvisoria, basandosi sopra alcuni dati orarî soltanto, presi a caso tra i più esatti.

Attendendo il risultato definitivo che il dott. Oldham ed altri otterranno per ciò che riguarda la velocità del terremoto attraverso tutta l'area colpita, non credo inutile di dare anche un'idea della rapidità colla quale le onde sismiche si sono propagate fino in Europa. A tale scopo riporto nel seguente quadro i migliori dati che si posseggono per l'Europa, relativi al principio della perturbazione, e nello stesso tempo le distanze delle varie località dal presunto epicentro. Nell'ultima colonna si trovano le velocità medie e superficiali che si ottengono dal confronto delle ore riportate con le due di Calcutta.

DISTANZE dal presunto epicentro	LOCALITÀ	ORE (t. m. E. C.)		VELOCITÀ in Km. al secondo in base alla prima ora di Calcutta	VELOCITÀ in Km. al secondo in base alla seconda ora di Calcutta
Km.		h	m	Km.	Km.
400	Calcutta.	12	4,6	—	—
		"	7,0	—	—
5980	Pietroburgo (Pawlowsk)	"	17,0	8,0	9,2
7020	Potsdam.	"	17,0	8,9	11,0
7150	* Catania	"	17,4	8,8	10,8
7150	Portici	"	17,9	8,5	10,3
7170	Mineo	"	16,0	9,9	12,5
7170	* Ischia	"	17,2	9,0	11,1
7220	Spinea.	"	18,6	8,1	9,8
7240	* Padova	"	17,0	9,2	11,4
7250	Velletri	"	17,0	9,2	11,4

DISTANZE dal presunto epicentro	LOCALITÀ	ORE (t. m. E. C.)		VELOCITA in Km. al secondo in base alla prima ora di Calcutta	VELOCITA in Km. al secondo in base alla seconda ora di Calcutta
Km.		h	m	Km.	Km.
7250	* Rocca di Papa. . . .	12	17,5	8,9	10,9
7260	* Roma	"	17,1	9,2	11,3
7310	Firenze	"	18,0	8,6	10,5
7330	Wilhelmshaven. . . .	"	18,9	8,1	9,7
7390	Livorno	"	17,0	9,4	11,6
7440	Pavia	"	18,2	8,6	10,5
7560	Utrecht	"	17,0	9,6	11,9
7700	Grenoble	"	19,1	8,4	10,1
7840	Parigi (Parc St.-Maur)	"	27,6	5,4	6,0
7970	Edimburgo	"	18,0	9,4	11,5
		Media		8,3	10,6

La prima cosa che colpisce è la notevolissima velocità che vien fuori concordemente da tutte le località, anche basandosi sull'ora più bassa di Calcutta. Le piccole differenze possono dipendere o da qualche incertezza nella determinazione dell'ora, specie negli apparecchi a registrazione fotografica, dove la carta si muove con velocità insufficiente, o dalla diversa sensibilità e qualità degli strumenti. La più grande divergenza si osserva per Parigi, il cui magnetografo, per essere forse meno sensibile degli altri, non è stato visibilmente perturbato che al sopraggiungere delle onde sismiche abbastanza pronunciate appartenenti ad una fase già inoltrata. Prendendo in considerazione i soli valori che offrono maggior garanzia di esattezza, e sono i cinque forniti dalle località segnate con asterisco, si ottiene una velocità media di quasi 9 km. basandosi sulla 1ª ora di Calcutta e di 11 km. basandosi sulla 2ª. Sicchè nell'incertezza in cui ancora siamo in quanto alla vera ora relativa all'epicentro, si può dire in una prima approssimazione che le onde sismiche le più veloci sonosi propagate dall'India fino in Europa con una velocità di circa 10 km. Questo valore diverrebbe alquanto più piccolo nell'ipotesi che la propagazione, invece che alla superficie terrestre, si fosse fatta lungo la corda [1]; ma in questo caso la diminuzione sarebbe poco sensibile e soltanto di un decimo del valore primitivo.

Può essere anche interessante di formarsi un'idea della velocità colla quale si propagarono fino in Europa le onde sismiche a lentissimo periodo

[1] In tale ipotesi, le onde sismiche sarebbero passate, prendendo in considerazione la località la più lontana quale è Edimburgo, alla massima distanza di circa 1200 km. al disotto della superficie terrestre, la quale profondità costituisce quasi $^1/_6$ del raggio del globo.

oscillatorio di sopra accennate, e precisamente quelle che produssero la massima inclinazione del suolo intorno alle $12^h\ 47^m\ ^1/_2$. Nel seguente prospetto figurano tutte quelle località, con la loro rispettiva distanza dall'epicentro, per le quali s'è potuta stabilire con sufficiente esattezza l'ora del passaggio di dette onde più ampie. Nell'ultima colonna si trovano al solito le velocità medie e superficiali, quali si dedussero dal confronto delle due ore di Calcutta:

DISTANZE dal presunto epicentro	LOCALITÀ	ORE (t. m. E. C.)	VELOCITÀ in Km. al secondo in base alla prima ora di Calcutta	VELOCITÀ in Km. al secondo in base alla seconda ora di Calcutta
Km.		h m	Km.	Km.
400	Calcutta.	12 4,6	—	—
		" 7,0	—	—
5980	Pietroburgo.	" 40,5 (1)	2,59	2,78
7150	Catania	" 49,5 (2)	2,51	2,65
7150	Portici.	" 48,8 (3)	2,55	2,69
7170	* Ischia	" 47,5	2,63	2,78
7240	* Padova	" 47,5	2,66	2,81
7250	* Rocca di Papa. . . .	" 47,5	2,66	2,82
7260	* Roma	" 47,5	2,67	2,82
7330	Wilhelmshaven. . . .	" 50,4 (4)	2,52	2,66
7440	Pavia	" 47,5 (5)	2,73	2,90
7560	Utrech	" 55,0 (6)	2,37	2,49
7970	Edimburgo	" 50,0	2,78	2,93
		Media	2,61	2,76

Qui si vede che l'incertezza di circa $2\ ^1/_2$ minuti nell'ora di Calcutta si fa poco sentire sul risultato, il quale non cambia sensibilmente anche se si vogliano prendere in considerazione le sole 4 località contrassegnate con asterisco, per le quali il passaggio delle onde più ampie è stato assai più distinto. Possiamo dunque ritenere in cifra tonda che la velocità colla quale si sono propagate le più ampie ondulazioni del suolo, caratterizzate d'un lento periodo oscillatorio, è stata di circa 2,7 km., vale a dire quattro volte

(1) È la media dell'ora del principio ($12^h\ 39^m$) e della fine ($12^h\ 42^m$) della 2ª perturbazione su quel magnetografo.

(2) È l'ora del mass. sulla comp.e. SE-NW del grande sismometrografo.

(3) È l'ora della massima ampiezza sulla comp.e S-N; non si conosce l'ora del mass. sull'altra E-W.

(4) È la fase massima della 2ª perturbazione nel declinometro.

(5) È press'a poco la media dell'ora ($12^h\ 45^m\ 43^s$) a cui hanno luogo le ondulazioni lente sulla comp.e N-S, e l'ora ($12^h\ 49^m\ 23^s$) a cui le medesime cominciano, assai più piccole, sull'altra comp.e E-W.

(6) È il massimo della 2ª perturbazione nel declinometro.

circa più piccola di quella sopra trovata, relativa alle prime onde sismiche resesi sensibili negli strumenti registratori.

Abbiam visto di sopra che il periodo semplice oscillatorio delle più ampie ondulazioni del suolo, di carattere lento arrivate in Europa verso le $12^h\ 47^m\ {}^1/_2$, è stato di circa 10 secondi, e poichè abbiamo trovato poc'anzi che la loro velocità media di propagazione è stata di circa 2,7 km. al secondo, ne consegue una lunghezza di 54 km. per l'onda completa o doppia λ. Con questo dato e conoscendo di già la massima inclinazione del suolo ($\alpha = 12''$) prodotta dal passaggio delle predette ondulazioni, ci è facile calcolarne ora la freccia A mediante la nota relazione

$$A = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{tang} \alpha \text{ (1)},$$

tirata dall'equazione della sinusoide

$$y = A \operatorname{sen} \frac{2\pi x}{\lambda}.$$

Eseguito il calcolo, si trova $A = {}^1/_2$ metro, che rappresenterebbe il sollevamento e l'abbassamento del suolo al passaggio delle lente ondulazioni in parola.

Queste sono le principali conclusioni che si trovano in uno studio da me fatto sopra le registrazioni ottenute in Europa e specialmente in Italia, in occasione del terremoto indiano del 12 giugno, studio che sarà pubblicato tra breve nel *Boll. della Soc. Sismol. Italiana.*

PRESENTAZIONE DI LIBRI

Il Segretario Blaserna presenta le pubblicazioni giunte in dono, segnalando quelle inviate dai signori D'Achiardi, Boccardo, Valenti, Langley.

CORRISPONDENZA

Il Segretario Blaserna dà conto della corrispondenza relativa al cambio degli Atti.

Ringraziano per le pubblicazioni ricevute:

La Società Reale di Londra; la Società di fisica e di storia naturale di Ginevra; la Società di scienze naturali di Emden; la Società geologica di Sydney; la Società zoologica di Londra; il Museo di zoologia comparata di

(1) A. Cancani, *Sulle ondulazioni provenienti da centri sismici lontani.* Ann. dell'Ufficio centrale di Met. e Geod. Ital., serie 2ª, vol. XV, parte 1ª, 1893, pag. 13.